Desviación de electrones en um campo magnético axial

Objetivos del experimento

- Demostración de la desviación de un rayo electrónico divergente en un campo magnético axial.
- Enfoque de un haz de electrones divergente mediante un campo magnético axial.

Fundamentos

El tubo con cruz de Malta sirve para demostrar la propagación en línea recta de los electrones en el espacio libre de campos. En los experimentos con los tubos diodo y triodo se estudió cualitativamente la existencia de los rayos catódicos.

En el tubo con cruz de Malta se aceleran electrones desde el ánodo hacia una pantalla fluorescente donde son observados como un fenómeno luminoso. El cañón electrónico genera un haz de electrones divergente el cual forma en la pantalla la imagen de un cuerpo situado entre pantalla y cañón electrónico. Entre el ánodo y la pantalla se encuentra una cruz de Malta cuya sombra puede verse en la pantalla. La cruz de Malta puede ser puesta a un potencial cualquiera a través de un terminal aparte.

En el experimento se muestra la desviación de electrones en un campo magnético axial, generado por un par de bobinas de Helmholtz. El cañón de electrones emite un haz divergente; las trayectorias de los electrones presentan por tanto, una inclinación respecto a las líneas de campo magnético. Debido a la fuerza de Lorentz, la componente de la velocidad perpendicular a las líneas de campo magnético produce una desviación perpendicular a las líneas de campo magnético. Sin embargo, la componente de la velocidad paralela al campo queda intacta. Esto hace que el electrón se mueva en una trayectoria helicoidal. El radio de la trayectoria y la velocidad angular del electrón sobre esta trayectoria dependen de la intensidad del campo magnético, la velocidad de los electrones y el ángulo entre rayo electrónico y el campo magnético. No obstante, el tiempo que requiere un electrón para dar una vuelta completa en la trayectoria circular, no depende de la velocidad y sólo depende de la intensidad del campo magnético. Si se aumenta la corriente de las bobinas, esto es, si se aumenta la intensidad del campo magnético, entonces la sombra gira en la pantalla en todo su conjunto.

La dirección de movimiento sobre la trayectoria en hélice apunta en determinados momentos nuevamente hacia la dirección del eje del rayo. Como el tiempo para una vuelta sobre la trayectoria circular es igual para todos los electrones, todos los electrones alcanzan este punto simultáneamente. Si los electrones abandonan el campo magnético en este momento, sus trayectorias cortan el eje en un punto. Ajustando el campo magnético, esto es, la corriente de las bobinas, es posible conseguir el enfoque del haz de electrones divergente. El experimento también puede ser utilizado para la demostración de lentes electromagnéticas.



Fig. 1: Montaje experimental

Materiales

1 tubo con cruz de Malta 555 620
1 portatubo 555 600
1 par de bobinas de Helmholtz 555 604
1 fuente de alimentación de alta tensión 521 70
1 fuente de alim. de c.c. de 0 a 16 V / 0 – 5 A 521 545
1 cable de exp. de seguridad, 25 cm, rojo 500 611
2 cables de exp. de seguridad, 50 cm, rojos 500 621
1 cable de exp. de seguridad, 50 cm, azul 500 622
2 cables de exp. de seguridad, 100 cm, rojo 500 641
2 cables de exp. de seguridad, 100 cm, azul 500 642
2 cables de exp. de seguridad, 100 cm, negros 500 544

LD Didactic GmbH · Leyboldstraße 1 · D-50354 Hürth / Alemania · Teléfono: (02233) 604-0 · Fax: (02233) 604-222 · e-mail: info@ld-didactic.de

Instrucciones de seguridad:

¡El tubo con cruz de Malta es un tubo de vidrio de vacío y de paredes delgadas, hay peligro de implosión!

- El tubo no debe estar sometido a cargas mecánicas.
- Conecte al tubo sólo con cables de seguridad especiales para la experimentación.
- Siga al pie de la letra las instrucciones de servicio del Tubo con cruz de Malta (555 620) y del Portatubo (555 600).

Montaje

La figura 1 muestra el montaje experimental. Para el montaje es necesario realizar los siguiente pasos:

- Coloque una bobina del par de bobinas de Helmholtz directamente delante del portatubo.
- Coloque cuidadosamente el tubo con cruz de Malta (pasando por la primera bobina) en el portatubo.
- Para la calefacción del cátodo conecte las hembrillas F_1 y F_2 del portatubo a la salida posterior de la fuente de alimentación de alta tensión de 10 kV.
- Conecte la hembrilla C del portatubo (casquillo del cátodo del tubo con cruz de Malta) al polo negativo y la hembrilla A (ánodo) al polo positivo de la fuente de alimentación de 10 kV y adicionalmente ponga a tierra el polo positivo.
- Instale la segunda bobina. Oriente el par de bobinas de Helmholtz alrededor del tubo, de tal forma que las bobinas observen la geometría Helmholtz (distancia entre bobinas de 6,7 cm) y el eje del rayo del tubo coincida con la línea que une los dos puntos centrales de las bobinas (véase la fig. 2). Conecte las bobinas en serie a la fuente de alimentación de c.c., de tal forma que la corriente circule en el mismo sentido por ambas bobinas.
- Conecte la cruz de Malta a la hembrilla A.

Realización del experimento

- Conecte la fuente de alimentación de alta tensión. El cátodo empezará a calentarse.
- Ajuste la tensión anódica entre 2,5 y 5 kV y observe la sombra de la cruz de Malta sobre la pantalla.
- Aumente lentamente la intensidad del campo magnético aumentando la corriente de la bobina y observe el giro y enfoque de la sombra.
- Invierta la polaridad de la corriente de las bobinas y aumente nuevamente la corriente.

Observación y evaluación

Después de encender la calefacción del cátodo se puede ver la sombra de la cruz sobre la pantalla del tubo. Al aumentar la tensión anódica aparece una segunda sombra sobre la pantalla. Esta sombra se sobrepone a la sombra producida por la luz (compárese con el experimento 3.8.3.1).

Al aumentar la corriente que fluye por el par de bobinas de Helmholtz, la sombra producida por los electrones gira y se reduce. Debido al rayo electrónico divergente, en el tubo las trayectorias de los electrones presentan una inclinación respecto a las líneas del campo magnético; en consecuencia los electrones son desviados hacia trayectorias helicoidales, lo que produce el giro de la imagen de la sombra. La velocidad de giro es la misma para todos los electrones, de tal forma que toda la cruz se mueve uniformemente. La dirección de giro depende de la dirección del campo magnético, esto es, de la dirección de la corriente de las bobinas. Cuando los electrones abandonan el campo magnético continúan con un movimiento en línea recta, en la dirección que justo lograron alcanzar en su trayectoria helicoidal con el campo magnético. Es por eso que en la pantalla la imagen de la sombra se ve aumentada o reducida.

La focalización del haz de electrones en un punto se consigue con valores apropiados de la tensión anódica y de la corriente de bobina; para corrientes todavía mayores la imagen vuelve a agrandarse. Este montaje sirve para realizar una lente electromagnética y también como modelo óptico electrónico con campos magnéticos estáticos.

LD Didactic GmbH · Leyboldstraße 1 · D-50354 Hürth / Alemania · Teléfono: (02233) 604-0 · Fax: (02233) 604-222 · e-mail: info@ld-didactic.de